

(51) Int. Cl<sup>2</sup>. (52) Japanese classification (19) Japan Patent  
Office (11) Patent Application Notification  
C 28 C 7/00 12A 24 Sho 50-8979

Patent Gazette

5 (14) Notification: 9 April 1975  
Patent Office serial number 6769-42 Number of inventions: 1  
(Total pages: 3)

---

10 (54) Complex powder for thermal spraying  
(21) Patent application Sho45-122054  
(32) Application date 30 December 1970

(72) Inventor: TANAKA Toshinari  
15 Central Laboratory, Furukawa Electric Company Limited  
2-9-15 Futaba, Shinagawa-ku, Tokyo

Inventor: NEGISHI Akira

As above

Inventor: FUJII Yasutsugu

20 As above

Inventor: TAKA[illegible] Kiyoshi

As above

Inventor: KURATA Kimiko

As above

25 (71) Applicant: Furukawa Electric Company Limited  
2-6-1 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo

(74) Attorney: TANIYAMA Teruo, Patent Attorney, and  
30 one other

Simple Description of the Figure

Figure 1 is a cross-sectional drawing of one example of  
the complex powder for thermal spraying according to  
35 the invention.

Detailed Description of the Invention

The present invention relates to a complex powder for  
thermal spraying etc., with the basic composition of an

NiTi metallic compound, which has the object of preventing oxidation during thermal spraying.

A NiTi metallic compound or a nickel-titanium two-element alloy with nickel as the main component, 45~65  
5 mol%, and the remainder titanium or a multi-element nickel-titanium alloy in which up to 60% of nickel and/or titanium is replaced by one or more of vanadium, niobium, tantalum, chromium, molybdenum, tungsten, iron, cobalt, zirconium, hafnium, aluminium or an alloy  
10 in which no more than 3wt% of a platinum metal element (ruthenium, rhodium, palladium, osmium, iridium and platinum) is alloyed with the said Ni-Ti multi-element alloy and/or the said Ni-Ti two-element alloy (hereafter 'the nickel-based alloys') has a formability  
15 not generally seen in other metal compounds and this property along with their resistance to corrosion and wear make them materials that are used as special materials in the chemical and automobile industries.

Since, however, these nickel-based alloys are  
20 difficult to cold process it is preferable to coat them onto the surface of a more workable metal.

Thermal spraying of nickel-based alloy powder onto the surface of another metal is used as an effective means of achieving this objective but if this thermal  
25 spraying is performed in air there is considerable oxidisation of the thermal spray film thus formed by the air that becomes involved in the thermal spray jet, with oxidisation of titanium being particularly marked, and there is a risk that the composition of the  
30 thermally sprayed film will deviate from the intended composition.

The present invention was made with the object of providing a Ni-Ti complex powder which would prevent oxidisation of the thermally sprayed film.

35 Below, the invention is described in greater detail with reference to the figure. Its basic structure is such that titanium or titanium alloy, which is liable to oxidise, is core 1 and the nickel or nickel alloy, which is relatively resistant to

oxidation, is covering 2 and the average composition of core 1 and covering 2 is equivalent to the composition of the desired nickel-based alloy.

5 The fact that the titanium alloy powder is the core and pure nickel is the covering is of advantage in that it facilitates the use of methods such as thermal decomposition and plating.

10 When the invention is used, the titanium or titanium alloy powder which is the core should preferably have a particle size that is -80 mesh pass or smaller, preferably -1.00~ +325 mesh pass, and the shape of the core should be as near spherical as possible in order to improve fluidity.

15 The titanium or titanium alloy powder is made by making titanium alloy ingots by conventional arc melting and pulverising these. In order to facilitate pulverisation, it is preferable to hydride the sheets, rods or paddles before pulverisation.

20 In the case of pure titanium, titanium hydride powder should be used.

25 If the titanium contains hydrogen, this is completely removed by the heating during thermal spraying or by melting and none remains in the thermally sprayed film and there is no effect on the characteristics of the film.

30 When the thermal spraying according to the invention is carried out, there is both a marked reduction in oxidation of titanium, and also the advantage that, when the base metal and thermal spray film are heated, this is accompanied by a strong exothermic reaction, causing metallurgical bonding between them, which increases the adhesion.

#### Example 1

35 A complex powder was obtained by a hydride reaction between nickel and ammonium sulphate in ammonia solution with anthraquinone as catalyst

Thus, nickel 30~60g/L,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  10~500gr/L,  $\text{NH}_3$  10~40gr/L and anthraquinone 2gr/L were placed in an autoclave, titanium powder or titanium hydride powder

(-100 ~+325 mesh) was added, and these were then stirred in a hydrogen atmosphere at a pressure of 20 atmospheres and at 150~180°C so that the nickel coated the powder. When the quantity of nickel in the solution  
5 decreased, the solution was replaced with new solution and the reaction continued. These procedures were repeated until the weight proportion between titanium and titanium hydride to nickel was 45 : 55. The nickel-coated titanium powder and nickel-coated titanium  
10 hydride powder produced in this way were thermally sprayed onto a steel-blasted mild steel sheet, using an argon plasma device, at a rate of 110mm of thermal spray, an argon gas flow of 40L/minute and an operating current of 500A, to obtain a consistent thermal spray  
15 film of NiTi.

Further, powder (-100 ~+225 mesh) from ingots of an NiTi alloy (with the weight proportion between nickel and titanium of 45 : 55) was thermally sprayed under the same spraying conditions as above and the  
20 quantity of oxygen contained, adhesion and coating hardness and wear of this were compared with those of the two coating films described above. The results are shown in Table 1.

A 100 ~ +325 mesh powder was made by pulverising alloy chips with a weight ratio between titanium, molybdenum and iron of 9.3 : 3.7 : 3.3. Using the  
25 procedures described above, this powder was coated with nickel to prepare a coated powder with a nickel - titanium weight ratio of 52 : 48. This was thermally  
30 sprayed as above and a metal alloy coating with a consistent composition was obtained.

Further, an alloy powder with the same composition as this complex powder (nickel 51.99%, titanium 44.65%, molybdenum 1.79% and iron 1.56% by weight) was  
35 thermally sprayed under the same conditions as Example 1 and the quantity of oxygen contained, and adhesion of this were compared with those of the two thermal spray coating films of complex powder described above. The results are shown in Table 1.

In this case too the thermally sprayed film of the same complex powder as in Example 1 showed a smaller content of oxygen and a far stronger adhesion.

5 The multi-element alloy of Sample 4 showed better film hardness and wear resistance than the two-element alloy of Sample 1.

Table 1

	Oxygen content (%)	Adhesion (kg/m <sup>2</sup> )	Vickers hardness	Wear resistance (mm <sup>2</sup> /kg)
No. 1 (comparison)	0.72	2.7	455	$27.5 \times 10^{-8}$
No. 2 (comparison)	0.60	2.9	-	-
No. 3 (comparison)	2.2	1.2	-	-
No. 4 (invention)	0.66	2.5	515	$20.6 \times 10^{-8}$
No. 5 (comparison)	2.4	1.4	610	$21.4 \times 10^{-8}$

10 An Okoshi rapid wear test machine was used to measure wear resistance, and the wear test conditions were as follows: wear rate: 2m/sec; wear distance: 200m, load: 6.5kg, abrasive disc: 30  $\Phi$  high-speed net

Sample No. 1: titanium powder core and nickel coating.

15 Sample No 2: titanium hydride powder core and nickel coating.

Sample No 3: metallic compound nickel-titanium alloy powder

20 Sample No 4: titanium alloy powder core and nickel coating

Sample No 5: nickel-titanium-iron-molybdenum alloy powder principally composed of a nickel-titanium metal compound.

(51) Claim

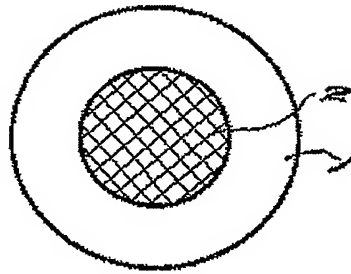
1 A complex powder for thermal spraying  
characterised in that it comprises a core of powder of  
titanium or titanium alloy or a hydride of either of  
5 these and this is covered by a powder of nickel or  
nickel alloy and in that the average content of the  
whole of this is equivalent to the desired composition  
of a nickel-titanium two-element compound with nickel  
as the main component (45~65 mol%,) and the remainder  
10 titanium or a multi-element nickel-titanium alloy in  
which up to 60% of nickel and/or titanium is replaced  
by one or more of vanadium, niobium, tantalum,  
chromium, molybdenum, tungsten, iron, cobalt,  
zirconium, hafnium and aluminium.

15

(56) Reference

JP 40-22363 (B)

Figure 1





(2000円)

特 許 願 A

昭和 48 年 5 月 31 日

特許庁長官殿

1. 発明の名称 セミ 制御 装置

2. 発明者

住 所 尼崎市南清水字中野80番地  
三菱電機株式会社 中央研究所内

氏 名 アカ マン サ ヒロ  
赤 松 昌 彦

3. 特許出願人 郵便番号 100  
住 所 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
名 称 (601)三菱電機株式会社  
代表者 進 藤 貞 和

4. 代 理 人 郵便番号 100  
住 所 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
三菱電機株式会社内

氏 名(6699)弁理士 葛 野 信 一

5. 添付書類の目録

(1) 明 細 書	1通
(2) 図 面	1通
(3) 委 任 状	1通
(4) 出願審査請求書	1通

明 細 書

1. 発明の名称

制御装置

2. 特許請求の範囲

複素数の特性根(固有値)を有する振動的被制御対象に対する制御入力として互いに所定の時間差を有する複数(2)の入力もしくはこれらの合成入力を与える遅延手段を備えたことを特徴とする制御装置。

3. 発明の詳細な説明

この発明は制御装置の改良に関し、特にその被制御出力応答の振動的成分を除去し、安定な制御を行なうものである。

第1図は、従来の制御装置の一般的構成図で、同図において、(1)は被制御対象、(2)は制御指令装置、 $U$  は指令入力、 $r$  は被制御出力である。

一般に、指令入力  $U$  に対する被制御出力  $r$  の応答が振動的となることが問題となる場合が多い。通常、この場合被制御対象(1)の内部自体を変更改良して振動を抑制する。しかしながら、

① 日本国特許庁

## 公開特許公報

① 特開昭 50 - 8979

④ 公開日 昭50.(1975) 1. 29

② 特願昭 48 - 61557

② 出願日 昭48.(1973) 5. 31

審査請求 有 (全5頁)

庁内整理番号

⑤ 日本分類

6846 58

547C12

その被制御対象自体を変更できない場合も実際場面では多々ある。例えば、被制御対象それ自体が完結した装置であるような機械、電力機器、設備機器など、電子回路装置以外の分野に多い。このような、当該制御装置から技術的に離れた技術分野に属する被制御対象は、制御以外の他の技術的要求に重点をおいて設計製作しなければならない。このために、制御上において、振動的になる事が望ましいか又は振動的にならないを得ない。具体的にこのような問題を待つ被制御対象の例を挙げれば、同期機の制御、ステップモータ、エレベータ、ロープウェイ、流体輸送官の操作等である。これらは、その電気又は機械系、流体系自体が本質的に振動的である。

又、通常の閉ループ制御装置においても、制御精度の向上や応答速度の向上のために、閉ループゲインを上げることが望ましく、振動的性質を強めることが許されるならば振動的な状態に設計される。現実には多くの場合、弱干振動的となるように設計調整されることが多い。



この発明は、前記従来装置の問題に鑑みてなされたもので、被制御対象の被制御出力応答の振動的成分を除去するとともに、整定速度の早い適確な制御を行うことが出来る制御装置を提供するものである。

また、故意にゲインを高めて振動的にさせ、これを非振動的に制御することにより、精度と応答速度を向上させた制御装置を提供するものである。

以下にこの発明の一実施例を図にもとずいて説明する。なお、一般にN次の線形な制御対象（非線形制御対象は近似的に線形化して代表するものとする。）の単位ステップ入力Uに対する応答出力rは、当該制御対象の相異なる特性根（固有値）を $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ とする時、次で表されることが知られている。

$$r(t) = \phi_1 e^{\lambda_1 t} + \phi_2 e^{\lambda_2 t} + \dots + \phi_N e^{\lambda_N t} \dots [1]$$

但し、 $\phi_1 \dots \phi_N$ は制御対象で決まる定数ところで、この発明は応答出力の振動成分のみ

( $\lambda_1$ ) ~ ( $\lambda_m$ ) を接続した例である。

さて、上記の如く遅延した遅延入力 $U_1, U_2, \dots, U_{m+1}$ は、第2図において、加減算装置(4)で加減算され、合成制御入力 $U_t$ として、被制御対象(1)に与える。この加減算機能は、被制御対象内部に内包する場合もある。この場合は、上記遅延入力 $U_1, U_2, \dots, U_{m+1}$ が夫々別々に、複数の制御入力として被制御対象に与えられる。

従つて、夫々の遅延入力 $U_1, \dots, U_{m+1}$ に対する応答 $r_1, r_{m+1}$ は夫々次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} r_1'(t) &= \sum_{k=1}^n \phi_k e^{(\alpha_k + j\omega_k)t} \\ r_\ell'(t) &= \sum_{k=1}^n \phi_k K_{\ell-1} e^{(\alpha_k + j\omega_k)(t - \tau_{\ell-1})} \\ r_{m+1}'(t) &= \sum_{k=1}^n \phi_k K_m e^{(\alpha_k + j\omega_k)(t - \tau_m)} \end{aligned} \right\} \dots [4]$$

ここに $r_\ell(t)$ ： $\ell$ 番目の遅延入力 $U_\ell$ に対する  
応答の振動成分

を問題とし、これを除去することを狙いとする。従つて、上記特性根の内、複素根（虚数部が零でない）のみに着目すればよい。今この振動成分応答を $r'$ とし、複素根を $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  ( $n \leq N$ )とすると、次式で表わされる。

$$r'(t) = \sum_{k=1}^n \phi_k e^{\lambda_k t} \dots [2]$$

$$\text{ここに } \lambda_k = (\alpha_k + j\omega_k) \dots [3]$$

$\alpha_k$ ： $k$ 番目の特性根の実数部

$\omega_k$ ： $k$ 番目の特性根の虚数部(固有角波数)

第2図はこの発明の一実施例を示す構成図で、図において、第1図と同符号は同一のものを示し、(3)は詳細な構成を第3図に示す遅延装置である。即ち、入力 $U$ を受けて、夫々時 $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_m$ だけ時間の遅れた遅延制御入力 $U_2, U_3, \dots, U_{m+1}$ を発生する無駄時間要素( $\beta_1$ ) ~ ( $\beta_m$ )の集りである。そして第3図(a)は並列に遅延ユニット( $\beta_1$ ) ~ ( $\beta_m$ )を接続したもの、第3図(b)は直列に遅延ユニット

$\tau_\ell$ ： $\ell$ 番目の遅延入力 $U_\ell$ の遅れ時間で( $\ell-1$ )番目の遅延要素( $\beta_{\ell-1}$ )の遅延無駄時間

$K_\ell$ ： $\ell$ 番目の遅延入力 $U_\ell$ の大きさの $U_1$ に対する比率で( $\ell-1$ )番目の遅延要素系のゲイン

従つて、合成出力応答の振動成分 $R'(t)$ は次式となる。

$$\begin{aligned} R'(t) &= \sum_{\ell=1}^{m+1} r_\ell'(t) \\ &= \sum_{\ell=1}^{m+1} K_{\ell-1} \sum_{k=1}^n \phi_k e^{(\alpha_k + j\omega_k)(t - \tau_{\ell-1})} \dots [5] \end{aligned}$$

但し  $K_0 = 1$

$\tau_0 = 0$

上記、式(5)の値は、遅延要素の数 $m$ と、夫々の遅延時間 $\tau_{\ell-1}$ 及びゲイン $K_{\ell-1}$ （負の極性を含む）を適当に選ぶことにより、時間 $t$ が最大遅延時間 $\tau_{m+1} - \max$ より大きい時間を経過して以後、 $R'(t) = 0$ とすることができる。即ち振

動成分を等にする。

即ち、 $n$  個の異なる固有周波数  $\omega_k$  を持つ夫々の周波数成分  $r' \omega_k$  が次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} r' \omega_1 &= \phi_1 \sum_{\ell=1}^{m+1} K_{\ell-1} \ell (\alpha_1 + j\omega_1)(t - \tau_{\ell-1}) = 0 \\ r' \omega_k &= \phi_k \sum_{\ell=1}^{m+1} K_{\ell-1} \ell (\alpha_k + j\omega_k)(t - \tau_{\ell-1}) = 0 \\ r' \omega_n &= \phi_n \sum_{\ell=1}^{m+1} K_{\ell-1} \ell (\alpha_k + j\omega_k)(t - \tau_{\ell-1}) = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots [6]$$

従つて、式 [6] で与えられる連立方程式を解くことにより、前記夫々の遅延時間  $\tau_1 \sim \tau_m$ 、ゲイン  $K_1, \dots, K_m$  を決定できる。

今、例として、代表的な二次振動系の場合、特性根は 1 つであるから、

$$n = 1, m = 1$$

従つて、式 [6] は次式のようになる。

$$\begin{aligned} 0 &= r \omega_1 = \phi_1 \{ e^{(\alpha_1 + j\omega_1)t} + K_1 e^{(\alpha_1 + j\omega_1)(t - \tau_1)} \} \\ &= \phi_1 e^{(\alpha_1 + j\omega_1)t} \{ 1 + K_1 e^{-(\alpha_1 + j\omega_1)\tau_1} \} \dots\dots [6'] \end{aligned}$$

従つて、式 [6] は

$$\begin{aligned} 0 &= r \omega_1 = \phi_1 \{ e^{(\alpha_1 + j\omega_1)t} + K_1 e^{(\alpha_1 + j\omega_1)(t - \tau_1)} \\ &\quad + K_2 e^{(\alpha_1 + j\omega_1)(t - \tau_2)} \} \dots\dots [6''] \end{aligned}$$

式 [6''] は、三つの複素量（ベクトル）の和が零となるべき事を意味し、それを満足する

$(\tau_1, \tau_2)$ 、 $(K_1, K_2)$  は無数にある。そこで、 $\tau_1, \tau_2$  をあらかじめ決める。例えば、

$$\left. \begin{aligned} \tau_1 &= \frac{\pi}{3\omega_1} \\ \tau_2 &= \frac{2\pi}{3\omega_1} \end{aligned} \right\} \dots\dots [7]$$

と定める。この場合式 [6''] の条件式は次のようになる。

$$\begin{aligned} 0 &= r \omega_1 = \phi_1 e^{(\alpha_1 + j\omega_1)t} \left\{ 1 + K_1 e^{-(\alpha_1 + j\omega_1)\frac{\pi}{3\omega_1}} \right. \\ &\quad \left. + K_2 e^{-(\alpha_1 + j\omega_1)\frac{2\pi}{3\omega_1}} \right\} \\ &= 1 + K_1 e^{-\alpha_1 \frac{\pi}{3\omega_1}} \cdot e^{-j\frac{\pi}{3}} + K_2 e^{-\alpha_1 \frac{2\pi}{3\omega_1}} \cdot e^{-j\frac{2\pi}{3}} \\ &= 1 + K_1 e^{-\alpha_1 \frac{\pi}{3\omega_1}} (\cos \frac{\pi}{3} - j \sin \frac{\pi}{3}) + K_2 e^{-\alpha_1 \frac{2\pi}{3\omega_1}} (\cos \frac{2\pi}{3} - j \sin \frac{2\pi}{3}) \end{aligned}$$

$$\therefore -1 = K_1 e^{-(\alpha_1 + j\omega_1)\tau_1} = K_1 e^{-\alpha_1 \tau_1} \cdot e^{-j\omega_1 \tau_1} \dots\dots [7]$$

$$\begin{aligned} \text{従つて} \quad K_1 e^{-\alpha_1 \tau_1} &= 1 \dots\dots [8a] \\ e^{-j\omega_1 \tau_1} &= -1 \dots\dots [8b] \end{aligned}$$

式 [8b] より

$$\cos(-\omega_1 \tau_1) + j \sin(-\omega_1 \tau_1) = -1$$

$$\therefore \omega_1 \tau_1 = \pi \rightarrow \tau_1 = \frac{\pi}{\omega_1} \dots\dots [9a]$$

式 [8a] と式 [9a] とより

$$K_1 = 1 / (e^{-\frac{\alpha_1 \pi}{\omega_1}}) \dots\dots [9b]$$

即ち、通常の二次減衰振動系では、 $\alpha_1 < 0$  であるから、 $K_1 \leq 1$  で且つ、固有周期  $T_1 = 2\pi/\omega_1$  の 2 分の 1 だけ遅延したものを加えればよい。更に、減衰が小さい場合は、 $e^{-\alpha_1 \tau_1} \neq 1$  であるから、 $K_1 \neq 1$  でよい。

次に、同じ二次振動系について、二台の遅延要素を用いた場合の例について、考察する。この場合

$$n = 1, m = 2$$

実数部について

$$1 + K_1 e^{-\alpha_1 \frac{\pi}{3\omega_1}} \cos \frac{2\pi}{3} + K_2 e^{-\alpha_1 \frac{2\pi}{3\omega_1}} \cos \frac{2\pi}{3} = 0$$

虚数部について

$$K_1 e^{-\alpha_1 \frac{\pi}{3\omega_1}} \sin \frac{2\pi}{3} + K_2 e^{-\alpha_1 \frac{2\pi}{3\omega_1}} \sin \frac{2\pi}{3} = 0$$

従つて、

$$\left. \begin{aligned} K_1 e^{-\alpha_1 \frac{\pi}{3\omega_1}} &= -1 \rightarrow K_1 = -1 / (e^{-\alpha_1 \frac{\pi}{3\omega_1}}) \\ K_2 e^{-\alpha_1 \frac{2\pi}{3\omega_1}} &= 1 \rightarrow K_2 = 1 / (e^{-\alpha_1 \frac{\pi}{3\omega_1}}) \end{aligned} \right\} \dots\dots [9]$$

即ち、固有周期  $T_1 = 2\pi/\omega_1$  の  $1/6$  及び  $2/6$  の夫々時間遅れを持ち、且つ、夫々のゲインが式 [9] の  $K_1$  (負の値)、 $K_2$  (正の値) となるよう定めれば、振動成分を消去できる。

他方、減衰の小さい振動系では、

$$e^{-\alpha \tau} \neq 1$$

である。従つて

$$\begin{aligned} K_1 &\div -1 \\ K_2 &\div 1 \end{aligned} \dots\dots\dots [10]$$

でよい。

以上、第3図(a)と第2図との組み合わせによる実施例において、特性根が1つの場合について詳述したが、第3図(a)は第3図(b)に変形できる。即ち、 $\tau'_1 = \tau_1$ ,  $\tau'_2 = \tau_2 - \tau'_1$ ,  $\tau'_3 = \tau_3 - \tau'_2$ , ... のように直列構成に変形できる。

次に、特性根が二つの場合について述べる。第4図は、複素数特性根が二つの場合構成の一例である。図において、遅延要素(311)により、前述の式[9a][9b]で明らかなように、一方の固有周波数 $\omega_1$ の成分を消去できる。他方、 $U'_1$ に対して、遅延要素(32)で同様に固有周波数 $\omega_2$ の成分を消去できる。更に $U'_2$ に対して同様に固有周波数 $\omega_2$ の成分を消去できる。従つて、二つの固有周波数 $\omega_1$ ,  $\omega_2$ の両者共に消去できる。そして、この第4図の構成は、前記第3図(a)又は第3図(b)に変形縮小される。

以下同様にして、 $n$ 個の複素数特性根を持つ

( $n$ 個の固有周波数の振動成分を持つ)場合も消去できる。

さて、前記遅延装置図としては、種々のものを用いることができる。例えば、第5図(a)は磁気記録装置の原理を用いた概念図で、図において(301)は記録ヘッド、(302)は再生ヘッド、(303)は消去ヘッド、(304)は記録変調増幅器、(305)は再生復調増幅器、(307)は記録テープである。これらはアナログ信号の場合、データレコーダと同様の原理である。又、デジタル信号の場合は、デジタルコンピュータのテープ入出装置や磁気ディスク入出力装置と同様である。

かくて、第5図(a)にて記録ヘッド(301)を通過してから、再生ヘッド(302)に到達するまでの時間が、遅れ時間となり、無駄時間要素として使用できる。

又、第5図(b)はデジタル計算機のメモリ装置や遅延要素(例えばシストレジスタ、テープ装置、磁気ディスクメモリ、磁気コアメモリそ

の他)を利用する遅延装置の構成例で、同図において、(308)はアナログ/デジタル変換器、(309)はデジタルメモリ装置、(310)はデジタル/アナログ変換器である。この場合、ライトタイム $t_w$ とリードタイム $t_r$ との間の時間遅れが遅延時間となる。又、入出力信号 $U_{in}$ ,  $U_{out}$ がデジタル信号やパルス列信号 $U'_{in}$ ,  $U'_{out}$ であれば、A/D変換器(308)やD/A変換器(310)は不要である。

その他、第5図(c)に示すインダクタンス(311)とコンデンサ(312)とによる分布定数回路、第5図(d)に示す抵抗(313)とコンデンサ(312)とによる分布定数回路、第5図(e)に示す演算増幅器(314)による近似無駄時間装置などを利用できる。この他デジタルパルス信号の場合は、パルス遅延装置を用いることができる。

以上は、理想的に無駄時間要素を用いた実施例について説明した。

第6図(a)(b)は、夫々この発明に用いる遅延装置(3)の他の実施例を示す構成図で、第8図に相

応して、第2図実施例に用いることができるものである。即ち、第6図は、一次遅れ要素あるいは非振動的な二次遅れ要素、ひいては非振動的な高次遅れ要素を無駄時間要素の代わりに代用したものである。

この場合、被制御対象の出力応答の振動成分を完全に消去できないが、軽減する効果はある。特に、非振動的な二次遅れ以上の高次遅れ要素を用いれば、実用的に充分な振動成分軽減効果を得ることができる。

以上述べたようにこの発明によれば、振動的な被制御対象を、互に時間差を有する複数の制御入力との合成で制御することにより、その出力応答の振動成分を減少ないし消去させることができる。特に被制御対象自体の内部を変更し難い被制御対象に適用する場合その効果が大きい。

又、故意に被制御対象を振動的にし、且つこの発明のように構成することにより、その被制御対象の応答速度や精度を向上することができる。

## 4. 図面の簡単な説明

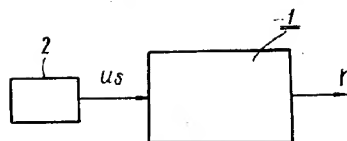
第1図は従来の制御装置の構成を示す構成図、第2図はこの発明による一実施例を示す構成図、第3図(a)、(b)は夫々この発明に用いる遅延装置の一例を示す構成図、第4図はこの発明に用いる遅延装置の他の一例を示す構成図、第5図(a)~(e)は夫々この発明に用いる遅延要素の夫々詳細な実施例を示す図、第6図(a)(b)は夫々この発明に用いる遅延装置の他の一例を示す構成図である。

図中、(1)は被制御対象、(2)は指令装置、(3)は遅延装置、(4)は加減算要素である。

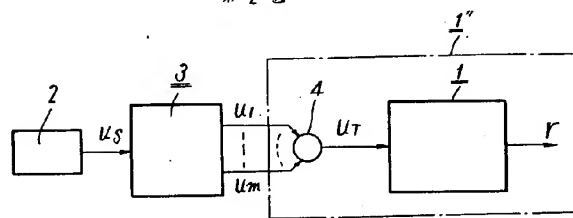
なお、図中同一符号は同一もしくは相当部分を示す。

代理人 島 野 信 一

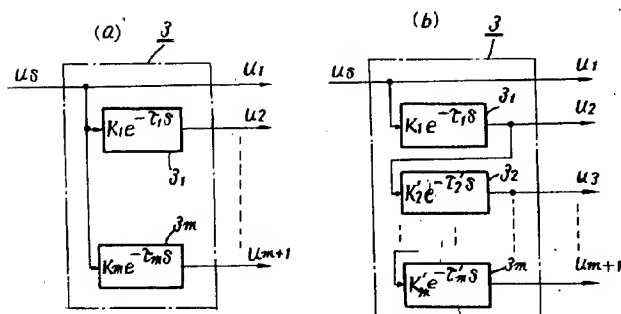
第1図



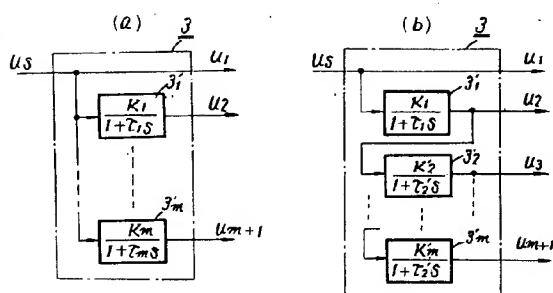
第2図



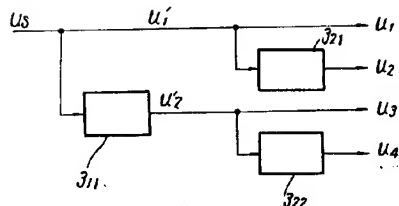
第3図



第4図



第5図



第6図

